

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних,  
сільськогосподарських машин і обладнання



**02-01-486**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання практичних робіт  
з навчальної дисципліни **«Машини та обладнання для  
біотехнологій»** (частина 1) для здобувачів вищої освіти першого  
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою  
**«Агроінженерія»** спеціальності 208 «Агроінженерія»  
всіх форм навчання

Рекомендовано навчально-  
методичною радою з якості  
навчально-наукового  
механічного інституту,  
протокол № 2 від 07.04.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Машини та обладнання для біотехнологій» (частина 1) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» всіх форм навчання [Електронне видання] / Голотюк М. В. – Рівне : НУВГП, 2020. – 42 с.

Укладач:

Голотюк М. В. – доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання.

Відповідальний за випуск: Кравець С. В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри БДМСМіО.

Керівник групи забезпечення  
спеціальності «Агроінженерія»

Налобіна О. О.

© М. В. Голотюк, 2020  
© НУВГП, 2020

## ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
Методичні рекомендації до виконання практичних занять.....	5
<b>Практичне заняття 1.</b> Вивчення складових елементів біотехнологічних процесів .....	5
<b>Практичне заняття 2.</b> Проектування промислового виробництва амінокислот .....	19
<b>Практичне заняття 3.</b> Машини та обладнання для виробництва пробіотиків .....	22
<b>Практичне заняття 4.</b> Машини та обладнання для виробництва цукрових кондитерських виробів .....	31
<b>Практичне заняття 5.</b> Машини та обладнання для виробництва борошняних кондитерських виробів .....	38
Рекомендована література.....	42
Інформаційні ресурси.....	42

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Запровадження дисципліни «Машини та обладнання для біотехнологій» в навчальний процес підготовки бакалаврів за спеціальністю 208 «Агроінженерія» обумовлено потребою засвоєння сучасних теоретичних та практичних знань про машини та обладнання для біотехнологій.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок в наслідок інтенсифікації розвитку біотехнологічних процесів.

Завдання дисципліни - є надання студентам основних знань в сфері ресурсозбереження матеріального виробництва, експлуатації, ремонті машин і обладнання; застосування ресурсозберігаючих технологій; застосування енергії та її ролі в суспільстві; питання виробництва, розподілу і споживання енергії та їх екологічні аспекти.

Основною *метою* вивчення навчальної дисципліни “Машини та обладнання для біотехнологій” є формування у майбутніх фахівців правильного підходу до постановки і вирішенню проблеми ефективного використання машин та обладнання для біотехнологій; надання студентам базових знань основ з управління ресурсо- і енергозбереженням при розрахунку і проектуванні, експлуатації та обслуговуванні машин та обладнання для біотехнологій.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні *знати*: основні засади розвитку машини та обладнання для біотехнологій з погляду ресурсо- і енергозбереження; сновні види і характеристики вихідних об'єктів біотехнологій; основні принципи проектування біотехнологічних виробництв; сучасні прийоми і засоби управління енергоефективністю машини та обладнання для біотехнологій; *вміти*: планувати та організовувати технологічні процеси, обирати оптимальні умови впровадження біотехнологій та керувати ними згідно сучасних методів контролю технологічних операцій та готової продукції; визначати норми витрат матеріальних ресурсів для біотехнологічних виробництв.

У методичних вказівках викладена послідовність виконання завдань. Роботу виконують відповідно до варіантів, індивідуально з допоміжними розрахунками. Виконані завдання студентами передаються викладачу для перевірки з подальшим їх захистом.

# МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

## Практичне заняття 1

### Тема: Вивчення складових елементів біотехнологічних процесів

Основними складовими елементами біотехнологічного процесу є: біологічний агент; субстрат; цільовий продукт; апаратура; сукупність методів для керування процесом.

#### *Біологічні агенти*

Номенклатура біологічних агентів, що використовуються в біотехнології, постійно розширюється:

- клітини мікроорганізмів (бактерії, у тому числі актиноміцети, гриби, у тому числі дріжджі, найпростіші), тварин, рослин, у тому числі одержані методами генної та клітинної інженерії;
- віруси, у тому числі бактеріофаги;
- компоненти клітин: протопласти, мембрани, мітохондрії, хлоропласти, внутрішньоклітинні ферменти тощо;
- позаклітинні продукти (ферменти);
- іммобілізовані клітини мікроорганізмів, тварин, рослин, їх компоненти та позаклітинні продукти.

Найважливіше місце серед біологічних агентів займають традиційні з них – клітини мікроорганізмів.

#### *Загальна характеристика мікроорганізмів-продуцентів.*

Мікроорганізми, які використовуються у біотехнології, належать до різних фізіологічних і таксономічних груп та істотно відрізняються одні від одних за морфолого-культуральними та фізіолого-біохімічними ознаками.

З більш як 100 000 відомих видів мікроорганізмів у промисловості використовують відносно мало – близько 100 видів, до яких належать кілька тисяч штамів.

За визначенням Л.І. Воробйової (1987), промисловий штам повинен відповідати таким вимогам:

- рости на дешевих і доступних субстратах;
- характеризуватися високою швидкістю росту і синтезу

цільового продукту;

- синтезувати максимум цільового продукту за мінімального утворення побічних;

- бути генетично й фізіологічно стабільним, стійким до фагів і сторонньої мікрофлори, нешкідливим (непатогенним) для людей і навколишнього середовища;

- бажано, щоб продуценти були термофільними, ацидофільними (або алкалофільними), оскільки у цьому разі знижується можливість контамінації сторонньою мікрофлорою;

- технологія продуктів мікробного синтезу повинна бути економічно доцільною.

Надсинтез, тобто здатність мікроорганізму синтезувати певний продукт у кількостях, що перевищують фізіологічні потреби, досить часто зустрічається в природі. Часто той або інший продукт обміну речовин (органічні кислоти, спирти, антибактеріальні речовини), що виділяється мікроорганізмом у навколишнє середовище, є токсичним для інших видів і забезпечує продуцентів успіх у конкурентній боротьбі за джерела живлення. Саме мікроорганізми з такими властивостями були першими використані у господарській діяльності людини тисячоліття тому, тоді ж було здійснено стихійний відбір найпродуктивніших форм.

У наш час такі природні штами мікроорганізмів, іноді після свідомого відбору, використовують для виробництва мікробної біомаси (мікробного білка), бактеріальних азотних добрив, біопестицидів, у виробництві харчових продуктів та інших галузях. Проте більшість промислових мікроорганізмів представлено штучно селекціонованими штамми.

Отже, у промисловості застосовують три типи штамів: природні штами, вдосконалені природним або штучним відбором; змінені в результаті індукованих мутацій; одержані методами генної або клітинної інженерії.

### *Сировина (субстрати)*

Субстрати, що використовуються в біотехнології досить різноманітні. До них належать:

- м'ясяса, сік цукрової тростини, гідролізати рослинних полімерів;

- цукри, спирти, органічні кислоти та інші чисті речовини;

- продукти переробки нафти (парафіни);
  - напівпродукти - попередники біотрансформації;
  - природний газ, водень;
  - відходи сільського господарства та легкої промисловості;
  - відходи промисловості і тваринництва, у тому числі відходи від переробки фруктів та овочів;
  - побутові відходи, стічні води;
  - сироватка (молочна);
  - картопля, зерно та інші крохмалевмісні продукти;
  - рослинні залишки (гичка, зелене листя);
  - руда, нафта;
  - середовища для культивування клітин тварин і рослин.
- Основним субстратом для мікробного синтезу є вуглецевмісна сировина (джерело вуглецю та енергії).

### *Продукти біотехнологічних виробництв*

За допомогою біотехнології в наш час одержують три групи продукції:

*медичну* - антибіотики, гормони, вітаміни, лізоцим, інтерферон, інсулін, інтерлейкіни, фактори росту, моноклональні тіла, напівсинтетичні вакцини, живі вакцини тощо;

*промислову* - розчинники, бактеріальні добрива, пестициди, рідке та газоподібне паливо, речовини для біоконверсії рослинної та тваринної сировини, очищення стічних вод тощо;

*продовольчу* - мікробний білок, незамінні амінокислоти, пептиди, цукрозамінники, нуклеотиди, нуклеозиди, ферменти, органічні кислоти, спирти, полісахариди, харчові продукти.

### *Етапи біотехнологічних процесів*

Мета будь-якої біотехнології, – базуючись на знанні біохімічних і фізіологічних процесів, у межах генетично детермінованих властивостей конкретного продуцента одержати максимальний вихід цільового продукту за мінімальних затрат. Незважаючи на різноманітність біологічних агентів (відповідно – режимів), біотехнологічні процеси можна уявити у вигляді узагальненої схеми (рис. 1), яка охоплює перед ферментаційні процеси, процес ферментації (виробничого біосинтезу), одержання продуктів.



Рис. 1.1. Узагальнена схема біотехнологічного процесу

### *Передферментаційні процеси.*

Передферментаційні процеси складаються з підготовки поживного середовища, повітря, біологічного агента, апаратури та комунікацій.

- Підготовка поживного середовища
- Стерилізація поживних середовищ.
- Підготовка стерильного стисненого повітря
- Способи очищення повітря.
- Характеристика фільтрувальних матеріалів.
- Технологічна схема стиснення й очищення повітря.
- Очищення відпрацьованого повітря.
- Підготовка біологічного агента
- Зберігання вихідних штамів продуцентів. Одержання посівного матеріалу.
- Дозування і фізіологічний стан посівного матеріалу.
- Підготовка апаратури та комунікацій

### *Процес ферментації*

Розрізняють два принципово різні процеси одержання мікробних метаболітів.



Перший – *ферментація*, у процесі якої певні метаболіти утворюються безпосередньо під час культивування мікроорганізмів-продуцентів. Другий – *ферментативний каталіз*, який здійснюють виділені із природних об'єктів (частіше мікроорганізмів) ферменти або клітини мікроорганізмів з необхідними ферментними системами. У промислових або напівпромислових установках мікроорганізми часто використовуються у вигляді іммобілізованих клітин, фіксованих на полімерних носіях у спеціально підготовлених скляних кульках або включених у полімерні гелі. Серед продуктів мікробного синтезу найпомітніше місце за обсягами виробництва займають вторинні метаболіти (наприклад, антибіотики).

Технічне оснащення біотехнології базується на загальних положеннях технічної біохімії і харчової технології, проте має свою специфіку. Принципова відмінність біотехнологічних процесів від чисто хімічних полягає в наступному:

- чутливість біологічних агентів до фізико-механічних дій;
- наявність міжфазового перенесення речовин (по типу «рідина – клітини», «газ – рідина – клітини»);
- вимоги умов асептики;
- низькі швидкості протікання багатьох процесів в цілому;
- нестабільність цільових продуктів;
- піноутворення;
- складність механізмів регуляції росту і біосинтезу.

#### *Основні варіанти культивування біологічних агентів*

Розрізняють такі види аеробного й анаеробного культивування: періодичне, безперервне; глибинне та поверхневе (на рідких і щільних середовищах); стерильне та умовно-стерильне; з використанням біокаталітичних реакцій (реактор повного перемішування); іммобілізовані системи (ферменти, біомаса та ін.); культивування рослинних і тваринних тканинних клітин.

#### *Іммобілізація*

Для здійснення хімічних процесів за допомогою іммобілізованих ферментів застосовують колонні, трубчаті, пластинчаті й танкерні реактори різного об'єму й продуктивності. Іммобілізовані

ферментні системи функціонують у біореакторі у вигляді нерухомої фази, через яку проходить середовище із субстратом, що підлягає хімічному перетворенню (гетерогенний каталіз). У таких реакторах поряд з безперервним режимом використовується й періодичний.



Рис. 1.2. Варіанти ферментації

### *Піногасники*

Процеси піноутворення і піногасіння відіграють важливу роль під час аеробного глибинного культивування мікроорганізмів. За збалансованих пінних режимів збільшується міжфазна контактна поверхня і досягається інтенсивний масобмін між середовищем і аеруючим повітрям. Спінювання поживного середовища, стійкість піни та її реологічні властивості (поверхневий натяг, поверхнева в'язкість) залежать від складу середовища (вмісту вуглеводів, ліпідів, білків, структурують солей), режимів стерилізації та аерації середовища тощо. Для створення стійких режимів піноутворення застосовують механічні й хімічні піногасники, а також їхні комбінації.

### *Флокулянти*

У деяких мікробіологічних процесах доцільно стимулювати флокуляцію (конгломеризацію) клітин продуцента, наприклад, для ефективнішого фракціонування або з метою утримання клітин в умовах неперервної ферментації. Застосовують хімічні неорганічні

флокулянти (хлорид кальцію, солі фосфорної кислоти) та органічні синтетичні аніонні, катіонні чи неіоногенні поліелектроліти.

### *Ріст і розвиток клітинних популяцій*

Поняття «ріст» означає збільшення кількості клітин, «клітинна популяція» - популяція будь-яких клітин, що використовуються у біотехнології (як бактеріальних, так і еукаріотичних, наприклад клітин рослин і тварин), «клітинна культура» - ізольована культура клітин еукаріотичних організмів (рослин, тварин, людини).

### *Крива росту клітинної популяції.*

При внесенні у поживне середовище клітини ростуть доти, доки вміст будь-якого необхідного компоненту не стане мінімальним або не вичерпається, після чого ріст припиняється. Якщо впродовж усього цього часу в середовище не вносити ніяких поживних речовин і не виводити продукти метаболізму, то одержимо так звану періодичну культуру (популяцію клітин в обмеженому життєвому просторі).

Крива, що описує залежність логарифму кількості живих клітин від тривалості культивування, називається *кривою росту* (рис. 1.3).

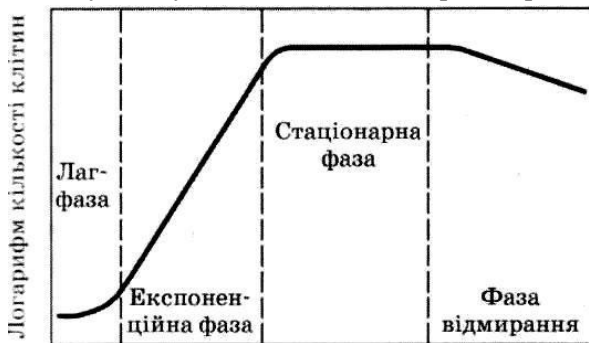


Рис. 1.3. Крива росту клітинної популяції.

Фази росту: I – ляг-фаза; II – експоненційна; III – сповільненого росту; IV – стаціонарна; V – відмирання; VI – виживання

Така крива має S-подібну форму, на ній можна виділити кілька основних фаз росту: початкову (ляг-фазу), експоненційну, стаціонарну та відмирання. Крива росту є практично однаковою як

для бактеріальної популяції, так і для популяції еукаріотичних клітин.

Незначні відмінності стосуються кількості фаз (часто на кривій росту виділяють не чотири, а п'ять чи шість фаз) та їх назви. Так, перша фаза росту називається лаг-фазою (найчастіше), латентною фазою або індукційним періодом. На кривій росту клітинної культури між фазами експоненційного і сповільненого росту виділяють фазу лінійного росту.

Лаг-фаза. Починається з моменту посіву клітин у свіже поживне середовище. У цей період клітини адаптуються до даних умов культивування. Тривалість лаг-фази залежить від передісторії інокуляту та його віку, а також від того, наскільки придатним для росту є дане середовище і умови культивування (рН, температура, концентрація розчиненого кисню). Наприклад, якщо джерело вуглецю та енергії в новому середовищі відрізняються від тих, які були в середовищі під час одержання посівного матеріалу, то адаптація до нових умов передбачає синтез нових ферментів, які раніше були не потрібні і тому не синтезувались. Утворення нових ферментів індукується новим субстратом. Прикладом впливу субстрату на синтез ферментів є диауксія. Це явище послідовного використання двох субстратів, або явище двофазного росту. Із суміші глюкози та сорбітолу бактерії спочатку споживають глюкозу. Ферменти метаболізму сорбітолу утворюються тільки після повного вичерпання глюкози.

Експоненційна фаза. Ця фаза характеризується максимальною швидкістю поділу клітин. У цій фазі процеси росту проходять збалансовано (тобто подвоєння біомаси супроводжується подвоєнням кількості білка, ДНК, РНК та ін.). Можна сказати, що культура в експоненційній фазі складається із «стандартних» клітин. Але треба мати на увазі, що і в експоненційній фазі клітини періодичної культури зазнають змін, оскільки постійно змінюється середовище – зменшується концентрація субстрату, збільшується густина клітинної суспензії, накопичуються продукти обміну. У зв'язку з тим що в цій фазі швидкість поділу відносно постійна, вона найзручніша для визначення швидкості поділу та швидкості росту.

Фаза сповільненого росту. Настання цієї фази зумовлене якісними змінами поживного середовища (споживання поживних

речовин, накопичення продуктів метаболізму, дефіцит кисню, зміна рН).

Стаціонарна фаза. Вона настає тоді, коли кількість клітин перестає збільшуватись, тобто характеризується рівновагою між клітинами, що утворюються, та клітинами, що гинуть. У стаціонарній фазі спостерігається максимальна біомаса і максимальна сумарна кількість клітин.

Фаза відмирання. Характеризується зниженням кількості живих клітин, підвищенням гетерогенності популяції. Іноді клітини лізуються під дією своїх власних ферментів (автоліз).

Фаза виживання. Характеризується наявністю окремих життєздатних клітин в умовах загибелі більшості клітин популяції. Якщо такі клітини пересіяти в свіже поживне середовище, вони починають активно рости та ділитися. Такі клітини, що вижили характеризуються низькою інтенсивністю процесів метаболізму.

#### *Параметри росту періодичної культури.*

Параметрами кривої росту є біомаса, швидкість росту та тривалість лаг-фази (у разі, якщо ріст періодичної культури аналізують за збільшенням біомаси, а не за кількістю клітин).

*Біомаса* – це різниця між максимальною та вихідною біомасою бактерій.

*Швидкість експоненційного росту* – це міра швидкості росту клітин в експоненційній фазі.

#### *Ріст у безперервній культурі*

*Ріст у хемостаті.* Теорія і практика безперервного культивування розроблена для мікробних культур, зокрема бактеріальної популяції.

Швидкість росту бактерій може змінюватися за зміни складу поживного середовища, наприклад у відповідь на зміну концентрації субстрату. Цю властивість бактерій наочно ілюструє хемостатна культура. У процесі безперервного хемостатного культивування, на відміну від періодичного, у культиватор (ферментатор) постійно подається свіже поживне середовище і концентрація одного з субстратів підтримується на рівні, що лімітує ріст. Одночасно відбувається постійний відтік культури, так що її об'єм у культиваторі не змінюється.

*Ріст у турбідостаті.* Культивування у турбідостаті базується на автоматизованому підтриманні постійної заданої концентрації клітин регулюванням швидкості подавання свіжого середовища відповідно до зміни густини культури. Всі субстрати при цьому містяться в культиваторі у надлишку.

*Напівбезперервне культивування.*

Цей спосіб культивування інакше називається періодичним культивуванням з підживленням. Суть його полягає у тому, що в періодичну культуру безперервно добавляють основний субстрат, експоненційно збільшуючи швидкість його подавання. Це дає змогу подовжити експоненційну фазу росту, щоб можна було періодично відбирати частину культури для її використання. Напівбезперервне культивування застосовують, наприклад, у тому разі, якщо субстрат за високих концентрацій є токсичним. За такого способу вдається одержати вищу біомасу або вихід продукту, ніж за умов звичайного періодичного культивування, і це не потребує великої кількості додаткового обладнання. Отже, забезпечуючи культуру основними поживними речовинами у кількості, що постійно збільшується відповідно до потреб організму, але не створюючи їх надлишку, у періодичній культурі можна досягти дуже високої концентрації біомаси.

*Принципові відмінності між періодичною та безперервною культурами.* Періодичну культуру можна розглядати як замкнуту систему (якоюсь мірою подібну до багатоклітинного організму), яка в своєму розвитку проходить кілька фаз (лаг-фаза, експоненційна та ін.). Умови існування у всіх цих фазах різні. Автоматичне регулювання в періодичній культурі навряд чи можливе.

Безперервна культура – це відкрита система, яка намагається досягти динамічної рівноваги. Фактор часу певною мірою виключається. Для організмів створюються незмінні умови середовища. Легко піддається автоматичному регулюванню.

*Вплив умов культивування на ріст мікроорганізмів.*

Ріст мікроорганізмів залежить від температури, рН, редокс-потенціалу та інших факторів. Негативні фактори затримують ріст і утворення цільового продукту, і навіть спричиняють відмирання частини клітин.

У промисловості в основному використовують мікроорганізми-мезофіли, що мають оптимальну температуру близько 30 °С. Останнім часом підвищений інтерес викликають термофільні мікроорганізми, які менш чутливі до контамінації й мають вищі кінетичні характеристики. Крім того, термофіли продукують термостабільні речовини, наприклад ферменти, для яких сфери практичного застосування значно ширші.

Істотний вплив на ріст культури й утворення продукту має кислотно- лужна реакція середовища. Найчастіше промислові мікроорганізми культивують за рН 4–8. Деякі дріжджі й мікроскопічні гриби краще ростуть у кислому середовищі при рН 3–4, і цю властивість можна використовувати для пригнічення бактеріальної інфекції.

*Механізм регуляції біосинтезу продуктів, синтезованих у другій фазі.* Багато промислово важливих продуктів фотосинтезу накопичуються після споживання основних компонентів середовища і зниження швидкості росту, тобто у другу фазу. Поняття про двофазність мікробіологічного синтезу було уперше сформульовано на прикладі едетоно-бутилового бродіння. Пізніше було запропоновано фазу росту називати трофофазою, а другу (продуктивну) – ідіофазою.

Трофофаза відповідає періоду молодості культури, друга – періоду зрілості. Упродовж трофофази спостерігається швидкий ріст і розмноження міцелію або бактеріальних клітин. Культуральна рідина в цей період багата на вуглеводи, азот і неорганічний фосфор. Продуктів метаболізму мікроорганізмів немає або вони містяться у вкрай незначних кількостях. Упродовж цієї фази утворюються переважно окиснені продукти.

Ідіофаза починається з моменту сповільнення росту мікроорганізму. У цей період культуральна рідина збагачена продуктами метаболізму, у ній практично немає вуглеводів і неорганічного фосфору. На початку цієї фази клітини характеризуються максимальною здатністю до синтезу цільового продукту. У мікробних клітинах переважають відновлювальні біохімічні процеси. Після завершення фази, коли рівень біомаси не змінюється, починається автоліз. Як правило, процес промислової ферментації практично закінчується на початку – всередині ідіофази, оскільки під час автолізу цільовий продукт може

заснавати ферментативної деградації, а також відбувається розпад біомаси, що суттєво ускладнює її відділення фільтрацією або іншим способом видалення. Збільшення тривалості першої фази й скорочення другої, якими б причинами це не було зумовлено, веде до зниження кількості синтезованого продукту. Сприятливим фактором переходу культури в другу фазу є практично повне використання з середовища фосфору.

Особливості двофазності процесу досліджено для деяких типів бродінь і біосинтезу вторинних метаболітів, зокрема антибіотиків. В основі такої двофазності лежать механізми регуляції, за допомогою яких ферменти синтезу антибіотиків починають функціонувати в клітині тільки наприкінці трофофази. До настання цього часу ділянки генів (оперони), що контролюють синтез ферментів ідіофази, перебувають у репресованому стані, внаслідок чого не відбувається зчитування необхідної для синтезу інформації, тобто не здійснюється транскрипція. Після дерепресії починається синтез ферментів, необхідних для утворення метаболітів ідіофази.

*Попередники вторинних метаболітів.* Розшифровка шляхів біогенезу багатьох практично важливих мікробних метаболітів дала змогу використовувати під час ферментації технологічний прийом, відомий як введення попередників. При цьому в середовище вносять попередники – сполуки, близькі за структурою до певних фрагментів молекули цільового продукту. Цей прийом може використовуватися на етапах біогенезу, які здійснюють ферменти з низькою специфічністю. Найкраще розроблено такий прийом у виробництві пеніциліну.

*Апаратне оформлення біотехнологічного процесу.*

Найважливішим завданням будь-якого біотехнологічного процесу є розробка і оптимізація науково-обґрунтованої технології і апаратури для нього. При організації біотехнологічних виробництв частково був запозичений досвід розвиненої на той час хімічної технології. Проте біотехнологічні процеси мають істотну відмінність від хімічних внаслідок того, що в біотехнології використовують складнішу організацію матерії – біологічну. Кожен біологічний об'єкт (клітина, фермент і т. д.) – це автономна саморегульована система. Природа біологічних процесів складна і далеко не з'ясована остаточно. Для мікробних популяцій, наприклад, характерна істотна гетерогенність за рядом ознак – вік,



фізіологічна активність, стійкість до дії несприятливих чинників середовища. Вони також схильні до випадкових мутацій, частота яких складає від  $10^{-4}$  до  $10^{-8}$ . Гетерогенність також може бути обумовлена наявністю поверхні розділу фаз і неоднорідністю умов середовища.

Промислове виробництво біопрепаратів – складний комплекс взаємопов'язаних фізичних, хімічних, біофізичних, біохімічних, фізико-хімічних процесів, який потребує використання великої кількості устаткування різного типу, пов'язаного між собою матеріальними і енергетичними потоками, що утворюють технологічні лінії.

Основним апаратним елементом біотехнологічного процесу є біореактор – ферментер (рис. 1.4). Біореактори призначені для культивування мікроорганізмів, накопичення біомаси, синтезу цільового продукту. Біореактори виготовляють із високолегованих марок сталі, іноді з титану.

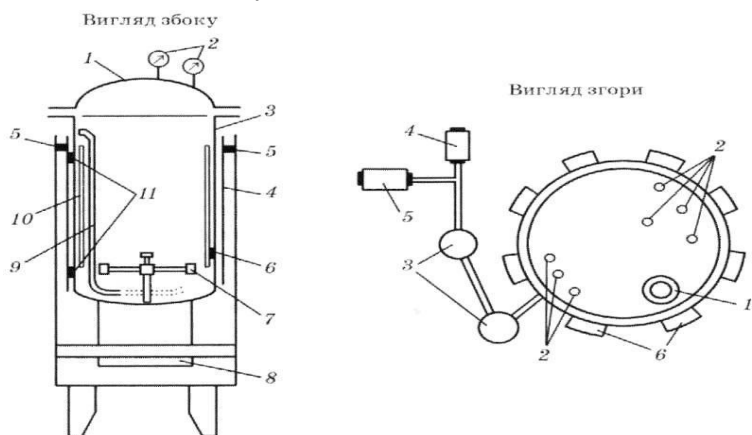


Рис. 1.4. Схема біореактора:

вигляд збоку: 1 – кришка; 2 – манометри паровий і повітряний; 3 – місткість; 4 – парова сорочка; 5 – вузол кріплення і повороту біореактора; 6 – датчик температури; 7 – турбінна лопатева мішалка; 8 – двигун з магнітним приводом; 9 – газорозподільний барботер; 10 – перегородка відбійники; 11 – вхід і вихід теплоносіїв з парової сорочки;

вигляд згори: 1 – оглядове вікно; 2 – штуцери із заглушками для дробного введення інгредієнтів; 3 – вхідний і вихідний стерилізувальні повітряні фільтри; 4 – клапан для виходу повітря з біореактора; 5 – запобіжний клапан; 6 – замочні пристосування

Біореактори поділяють на три основні групи:

- реактори з механічним перемішуванням;
- барботажні колони, через які для перемішування середовища пропускають повітря;
- ерліфтні реактори з внутрішньою або зовнішньою циркуляцією.

#### *Виділення продуктів мікробного синтезу*

Кінцевим продуктом мікробного синтезу може бути біомаса клітин або певний метаболіт. Залежно від місця переважного накопичення цільового продукту відходом виробництва є культуральна рідина або клітини продуцента.

*Культуральна рідина* – це суміш клітин, розчинних продуктів їх метаболізму, нерозчинних компонентів, утворених після автолізу частини мікробних клітин, а також залишки компонентів поживного середовища. Характеристики культуральної рідини (концентрація клітин і продуктів метаболізму, в'язкість, морфологія клітин і клітинних елементів) обов'язково враховують під час вибору способу відділення біомаси клітин від рідкої фази.

## Практичне заняття 2

### Тема: Проектування промислового виробництва амінокислот

Виробництво амінокислот у світі постійно зростає і нині становить близько 400 тис. тонн за рік, хоча потреба в них оцінюється набагато вище. Як уже зазначалося, нестача в раціоні амінокислот (особливо, незамінних) негативно позначається на рості та розвитку. Так, добавка до кормів тварин декількох часток % дефіцитної кислоти може підвищити кормову цінність білка більше ніж у два рази. З усіх можливих способів отримання амінокислот (хімічним шляхом, мікробіологічним тощо) перевага віддається мікробіологічному: хоча організацію мікробного виробництва не можна назвати простою, її перевага полягає в синтезі оптично чистих (L- амінокислот), тоді як при хімічному синтезі виходить рацемічна суміш L- і D-амінокислот, яку важко розділити.

Мікробний синтез амінокислот заснований на культивуванні суворо певного продуцента цільової кислоти в середовищі заданого складу при суворо визначених параметрах ферментації. Продуцентами є штами бактерій, отримані мутантною селекцією або за допомогою методів генної інженерії. Бактерії-мутанти, з одного боку, втратили здатність самостійно синтезувати деякі речовини, а з іншого боку, придбали здатність до зверхсинтезу цільової амінокислоти.

Вже до 70-х років минулого століття були отримані мікроби-суперпродуценти родів *Brevibacterium*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*, за допомогою яких можливо синтезувати всі відомі амінокислоти. В даний час є суперпродуценти, у яких кількість синтезованого специфічного білку досягає 10-50% (тут найважливішу роль відіграють плазміди, що несуть вбудовані гени). Технологія отримання амінокислот базується на принципах ферментації продуцентів і виділення первинних метаболітів, тобто розмножують маткову культуру спочатку на агаризованому середовищі в пробірках, потім - на рідкому середовищі в колбах, інкуляторах і посівних апаратах, а потім - в основних ферментаторах. Якщо амінокислота передбачена в якості добавки до кормів, то біотехнологічний процес кормового продукту включає

наступні стадії: ферментацію, стабілізацію амінокислоти в культуральній рідині перед випарюванням, вакуум-упарення, стандартизацію упареного розчину при додаванні наповнювача, висушування і упаковку готового продукту, в якому повинно міститися не більше 10% основної речовини. Якщо ж амінокислота використовується в якості лікарського препарату, в цьому випадку отримують ізольовані чисті кристали, які висушують під вакуумом і упаковують. Наприклад, у промисловості виготовляють сухий кормовий і рідкий кормовий концентрати лізину поряд з кристалічним лізином (рис. 2.1).

Відомо два способи отримання амінокислот: одноступінчатий і двоступінчатий. Відповідно до першого способу, наприклад, мутантний штам - продуцент амінокислоти - культивують на оптимальному для біосинтезу середовищі. Цільовий продукт накопичується в культуральній рідині, з якої його виділяють згідно зі схемою на рис. 2.2.

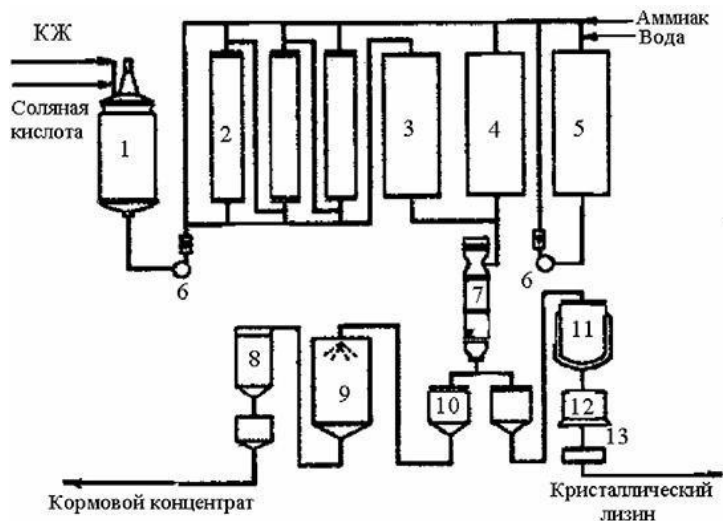


Рис. 2.1. Технологічна схема отримання лізину:

1 - емність для культуральної рідини (КР (КЖ)); 2 - іонообмінні колони; 3 - збірник елюату (розчину, що виділяється із хроматографічної колони); 4 - збір фільтрату; 5 - емність для елюату; 6 - насос; 7 - вакуум-випарювальний апарат; 8 - циклон; 9 - сушарка кормового концентрату; 10 - збір; 11 - реактор-кристалізатор; 12 - центрифуга; 13 - сушарка

Якщо ферменти біосинтезу амінокислоти накопичуються внутрішньоклітинно, то після 1-го ступеня клітини сепарують, дезінтегрується і застосовують клітинний сік. В інших випадках для цілей біосинтезу цільових продуктів застосовують безпосередньо клітини.

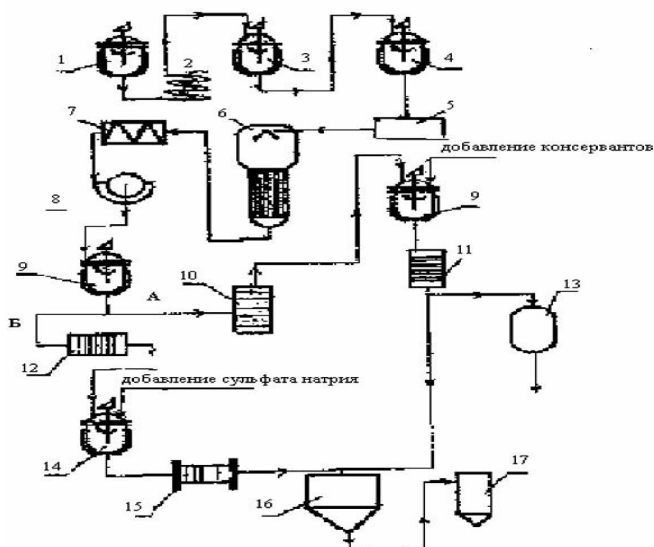


Рис. 2.2. Орієнтовна технологічна схема отримання амінокислоти:

1 – ферментатор; 2 – охолоджувач; 3, 9 – рефрижератори; 4 – ємність для попередньої обробки; 5 – центрифуга; 6 – вакуум-упаровувач; 7 – апарат прямої еред обробки амінокислоти; 8 – барабанний фільтр; А, Б – шляхи (при необхідності змикаються); 10 – апарат для ультрафільтрації; 11 – ємність для консервації розчину амінокислоти; 12 – мембранний фільтр; 13 – накопичувач рідкого концентрату; 14 – ємність для осадження амінокислоти; 15 – фільтр-прес; 16 –розпилювальна сушарка; 17 – накопичувач сухого концентрату.

### Практичне заняття 3

#### Тема: Машини та обладнання для виробництва пробіотиків

Пробіотики - це бактерії, але це можуть бути й інші організми, такі як дріжджі. У деяких випадках вони схожі на «хороші», що населяють організм людини бактерії або є тими ж самими бактеріями, що мешкають у людей, найчастіше в кишечнику. Більшість пробіотиків-бактерій відносяться до двох родів: лактобактерії (лат. *Lactobacillus*) і біфідобактерії (лат. *Bifidobacterium*), хоча важливо пам'ятати, що існує багато інших видів бактерій-пробіотиків. Кожен рід бактерій містить значну кількість видів, у кожного виду є різні штами. Пробіотики можуть: підвищувати ефективність імунної системи, секретиючи антитіла до певних вірусів, запобігати прикріплення до стінки кишечника шкідливих для людини бактерій і гальмувати їх ріст, стимулювати зміцнення слизового шару в кишечнику в якості бар'єру проти інфекцій, гальмувати секрецію або руйнувати токсини, що виділяються деякими "поганими" для людського організму бактеріями, продукувати вітаміни групи В, необхідні для метаболізму їжі, запобігання анемії, яка виникає при нестачі вітамінів В<sub>6</sub> і В<sub>12</sub>, а також підтримки здоров'я шкіри та нервової системи.

На сучасному етапі до пробіотиків належать наступні види мікроорганізмів:

- Лактобактерії (*L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. casei*, *L. bulgaricus*,
- *L. lactis*, *L. reuteri*, *L. rhamnosus*, *L. fermentum*, *L. jonsonii*, *L. gassed*);
- Біфідобактерії (*B. bifidum*, *B. infantis*, *B. longum*, *B. breve*, *B. adolescents*);
- Непатогенні різновиди *Escherichia Coli*;
- Непатогенні різновиди *Bacillus* (*B. subtilis*);
- Непатогенні різновиди *Enterococcus* (*Enterococci faecium*, *E. salivarius*);
- Молочнокислий стрептокок (*Str. thermophylus*);
- Дріжджові грибки *Saccharomyces boulardii*.

В свою чергу, пребіотиками називаються речовини, які не всмоктуються в тонкій кишці, але створюють сприятливі умови і стимулюють ріст нормальної мікрофлори товстого кишечника, тобто, пребіотики, на відміну від пробіотиків - це хімічні речовини, які містяться в досить широкому спектрі продуктів харчування.

Найбільша кількість пребіотиків міститься в молочних продуктах, кукурудзі, крупах, хлібі, цибулі, часнику, квасолі, гороху, артишоку, бананах тощо. Власне до пребіотиків належать наступні органічні сполуки і компоненти їжі: Олігофруктоза; Інулін; Галактоолігосахариди; Параамінобензойна кислота; Пантотенат кальцію; Лактулоза; Лактітол; Олігосахариди грудного молока; Харчові волокна (клітковина); Екстракти водоростей, дріжджів, моркви, картоплі, кукурудзи, рису, гарбуза і часнику; Ксиліт; Рафіноза; Сорбіт; Ксилобіоза; Пектини; Декстрин; Хітозан; Валін; Аргінін; Глутамінова кислота; Глутатіон; Убіхінон; Каротиноїди; Вітаміни А, Е і С; Селен; Лектини.

Для отримання препаратів пробіотиків необхідно мати штами мікроорганізму симбіонту. Їх виділяють з кишкового вмісту здорових дітей і дорослих. Ці штами повинні володіти такими властивостями:

- Наявність корисної дії на організм господаря, підтверджений лабораторними та клінічними дослідженнями;
- Штами повинні бути ідентифіковані з урахуванням генетичних ознак, оскільки для отримання пробіотиків дозволені штами тільки певних видів мікроорганізмів;
- При тривалому використанні вони не повинні викликати побічних ефектів.
- Наявність потенціалу колонізації, тобто збереження в травному тракті до досягнення максимальної позитивної дії (повинні бути стійкі до низьких значень рН, жовчних кислот, антимікробних субстанцій);
- Наявність вираженої активності антагоніста по відношенню до патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів;
- Наявність стабільних характеристик як в клінічному, так і в технологічному плані;
- Наявність високої швидкості росту і розмноження в умовах, близьких до таких як у кишковому тракті;

- Штами молочнокислих паличок повинні виробляти переважно L ( $\pm$ ) - ізомер молочної кислоти;

- При введенні у великих кількостях вони повинні мати мінімальну здатність до транслокації з просвіту травного тракту у внутрішнє середовище макроорганізму;

- Наявність чіткого фізіолого-біохімічного та генетичного маркування як для виключення фальсифікації, так і для періодичного контролю ідентичності властивостей вихідних і виробничих культур.

Задовольняючи всі дані вимоги штами надходять в контрольний інститут, звідки їх передають у фармацевтичне виробництво з відповідними документами, що відображають їх характеристики.

Біфідобактерії та ентерококи - це ауксотрофи. Вони не можуть самі синтезувати амінокислоти, пуринові і піримідинові основи, вітаміни, тому їх повинно містити поживне середовище, в якому вони вирощуються. Для культивування цих бактерій використовується сировина, дозволена в харчовій промисловості, оскільки препарат, вирощений на цих середовищах, використовується для внутрішнього вживання.

Ефективна закваска повинна проявляти найбільшу активність не пізніше ніж після другої пересадки. При цьому культивування заквасок необхідно зупинити в кінці логарифмічної фази для більшості заквасок при рН 5,5-5,3 або кислотності 78-80°Т.

Для отримання материнської закваски *Enterococcus faecium* (рис. 3.1.) одну порцію сухої закваски вносять в 2 л стерилізованого молока і термостатують при 26°С протягом 12-16 год. Для приготування вторинної (проміжної) закваски в стерилізоване молоко вносять 0,5-1% материнської закваски і культивують посіви 10-12 год. Виробничу закваску *Enterococcus faecium* отримують посівом в пастеризоване молоко 0,5-1% або 2-3% вторинної виробничої закваски і вирощуванням посівів також протягом 10-12 годин або 12-14 годин.

Материнську закваску *Bifidobacterium longum* (рис. 3.2) отримують внесенням однієї порції сухої закваски в 100 см<sup>3</sup> стерилізованого молока. Посіви культивують при температурі 38°С протягом 5-5,5 години. Для приготування виробничої закваски посівний матеріал вносять у молоко у кількості 1% і заквашують його протягом 3 год. Контрольні посіви інкубують при температурі



22±2°C протягом 20 годин. При цьому отримують біфідобактерії першої генерації.



Рис. 3.1. Вигляд культури *Enterococcus faecium*

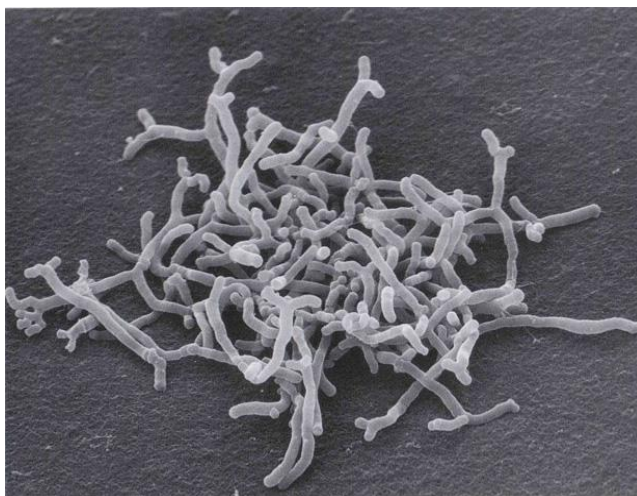


Рис. 3.2. Вигляд культури *Bifidobacterium longum*

Наступний етап - отримання біфідобактерій другого покоління. Засіявши культури проводять з розрахунку 10% від обсягу середовища. Культура біфідобактерій і контрольні посіви інкубують при тій же температурі, що і для посіву першого покоління. Загальний час також аналогічний часу для посівів

першого покоління. Контроль посівної культури проводиться при посіві біфідобактерій другої генерації в пробірки з глюкозою, середовищем Сабуро і приготуванні мазка, пофарбованого за Грамом.

При відсутності росту в контрольних пробірках і наявності типового росту біфідобактерій у вигляді пухкого зернистого осаду, отриману культуру використовують для посіву в біореактор.

Процес приготування сухого бактеріального препарату Біфіформ включає наступні основні етапи: вирощування заквасочних мікроорганізмів, бактофугування отриманої культури, висушування суспензії клітин, фасування бакконцентрата. Принципова технологічна схема отримання пробіотичного препарату Біфіформ наведена на рис. 16. Культивування бактерій проводять в біореакторах. Після перевірки на герметичність і обробки фільтрів біореактор стерилізують при температурі 130°C протягом 90 хв. Потім у нього вводять гідролізатно-молочне середовище або азідно-глюкозний бульйон. Стерилізація та охолодження живильного середовища, а також нарощування клітин молочнокислих бактерій здійснюються в ферментері, що має мішалку, в якому автоматично регулюються температура і рН на заданому рівні. У підготовлене стерильне середовище, охолоджене до оптимальної температури розвитку (*Enterococcus faecium* - 37°C, *Bifidobacterium longum* - 38°C, подають закваску в кількості 5-8%. Посів живильного середовища проводять біфідобактеріями 2-3-ої генерації. Нарощування клітин *Enterococcus faecium* ведуть в ферментері при температурі 37°C протягом 20-22 год, *Bifidobacterium longum* - при 38°C протягом 16-17 год при автоматичній підтримці рН. При цьому рН культуральної рідини досягає для ентерококів 6,0, для біфідобактерій 6,7-6,8. Після культивування проводять контроль біомаси. Біологічна концентрація біфідобактерій має бути не менше 10<sup>8</sup> клітин/мл, стороння мікрофлора повинна бути відсутня, рН має бути на заданому рівні. Після цього культуру охолоджують до 3-8°C і направляють на Бактофугування для отримання бактеріальної маси. Відділення клітин від середовища здійснюють наприкінці логарифмічної фази росту, коли в культуральній рідині (в 1 см<sup>3</sup>) містяться сотні мільйонів - одиниці мільярдів активних клітин. Бактеріальну масу з культуральної рідини виділяють на бактофузи. Для цієї мети можна використовувати центрифугу і молокоочисник.

Бактеріальна маса після бактофугування містить сотні мільярдів клітин в 1 см<sup>3</sup>, вихід біомаси складає 0,5-0,8%. Отриману бактеріальну масу змішують із захисним середовищем у співвідношенні 1: 2 - 1: 4.

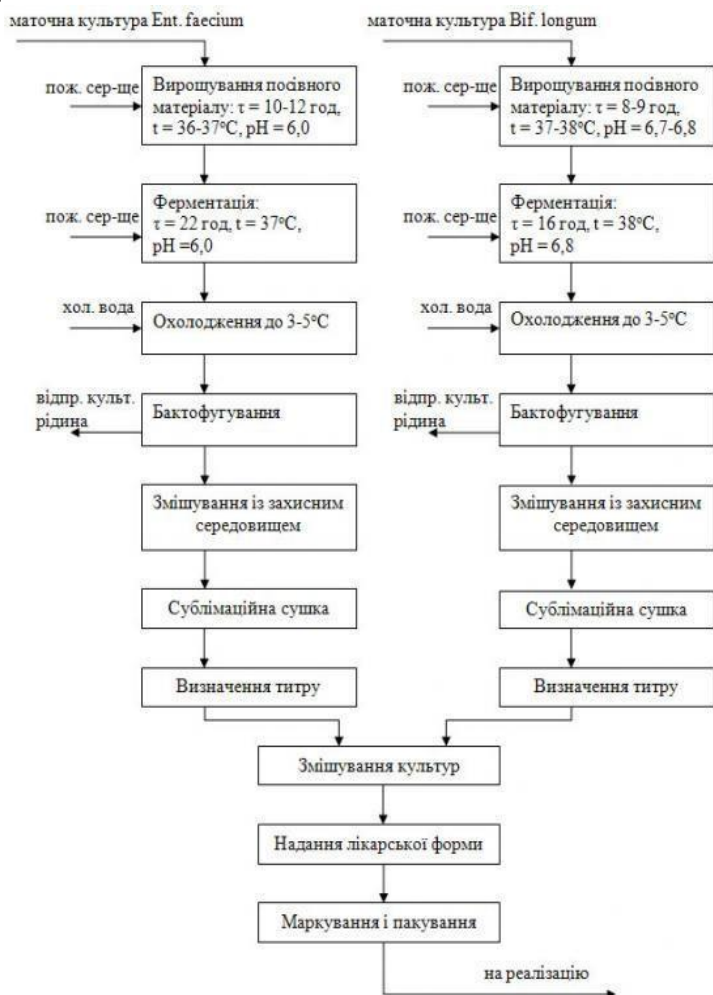


Рис. 3.3. Технологічна схема отримання пробіотичного препарату «Біфіформ»

До складу захисного середовища для *Enterococcus faecium* входять знежирене молоко з вмістом 16% сухих речовин, 30 і 70%

водного розчину, що містить сахарозу (5%), желатинозу (5%), цитрат натрію (5%), глутамат натрію (2%). До складу захисного середовища для *Bifidobacterium longum* замість цитрату натрію вносять 5% оцтовокислого натрію. Желатинози це желатин після стерилізації під тиском 0,15 МПа протягом 2,5-3,0 години. Після стерилізації желатин втрачає здатність утворювати гель. Біомасу з середовищем перемішують  $3 \pm 0,5$  хв механічною мішалкою, розливають у стерильні ємності і передають на ділянку розливу в ампули по  $2 \text{ см}^3$  або розливають в лотки шаром 6-8 мм.

Розлив біомаси в ампули проводиться при постійному перемішуванні. На початку, середині і наприкінці розливу відбирають проби для визначення сторонньої мікрофлори та життєздатності біфідобактерій, рівномірності і точності розливу. Заповнену ампулами касету прикривають декількома шарами стерильної марлі, металевою кришкою і передають для заморожування в низькотемпературну установку, де витримують препарат при температурі  $-40 \pm 2^\circ\text{C}$  протягом  $48 \pm 2$  години. Висушування проводять при тиску  $13,3 \pm 0,13$  Па, температурі  $30 \pm 4^\circ\text{C}$  протягом  $24 \pm 2$  год, далі температуру підвищують до  $+38 \pm 2^\circ\text{C}$  протягом 16












$\pm 2$  год і витримують  $20 \pm 2$  години. Тривалість сушіння суспензії на лотках 6-12 год. Після закінчення процесу сушіння проводиться запаювання ампул. Герметизацію ампул здійснюють не пізніше 72 годин після закінчення ліофілізації на автоматі для запаювання ампул в атмосфері азоту.

Сухий бактеріальний концентрат, висушений на лотках, подрібнюють і визначають титр. Концентрат повинен містити від 150 до 300 млрд клітин в 1 м. Масова частка вологи в ньому не повинна перевищувати 3,5%. Допускається наявність сторонньої непатогенної мікрофлори не більше 10 клітин в 1 г. Після цього культури *Bifidobacterium longum* і *Enterococcus faecium* змішують і фасують в капсули порціями.

Закупорка сухих біопрепаратів з причини їх гігроскопічності проводять під вакуумом або в струмі інертного газу.

Таблиця 3.1.

## Види пробіотиків на ринку України

«Біогая» (дитячий пробіотик), "ТуПек АБ", Швеція, 5мл	
«Біфідумбактерін-Біофарма», ОАО "Біофарма", Україна, 10 флаконів по 5 доз.	
«Біфіформ бебі» пробіотик), "Ферросан А/С", Данія, 7мл.	
«Біфіформ», "Ферросан А/С", Данія, 30 капсул	
«Лактомун Екоłodжик Панда», "Winclove Bio Industries bv", Нідерланди, 14 саше	
«Лактовіт форте», для "Міллі Хелскере Лімітед", Великобританія, 30 капсул	
«Лациум», "Winclove Bio Industries bv", Нідерланди, 14 саше.	
«Лінекс», "Лек фармацевтична компанія д.д", Словенія, 16 капсул.	
«Сімбітер ацидофільний», ООО фірма "О.Д. Пролісок", Україна, 10 пакетиків	
«Ентерожерміна», "Лабораторії Юнтер", Франція, 10 флаконів по 5мл.	
«Лактіале», ПАТ «Фармак», Україна (сучасний симбіотик – пробіотик+пребіотик).	

У приміщенні контролю проводять перевірку герметичності капсул і візуальний контроль. Капсули, що пройшли контроль і огляд, відправляють на маркувальну машину, потім укладають по 30 штук в пачки з картону. У кожную пачку укладається інструкція із застосування препарату. На кожній одиниці споживчої тари нанесено маркування із зазначенням таких інформаційних даних: найменування підприємства-виробника, його адресу, товарний знак, найменування продукту; масова частка жиру у відсотках; склад продукту, маса нетто в грамах, умови зберігання, термін придатності, дата виготовлення; позначення ТУ; харчова та енергетична цінність продукту; штрих-код, вміст у продукті живих біфідобактерій не менше  $10^7$  клітин в  $1\text{ см}^3$  на кінець терміну придатності; загальний вміст в продукті молочнокислих мікроорганізмів на кінець терміну придатності - не менше  $10^7$  клітин в  $1\text{ см}^3$ ; інформація про сертифікацію.

Тара і пакувальні матеріали, що застосовуються для розливу та упаковки, які відповідають вимогам чинних стандартів. Упакований в транспортну тару продукт доохолоджується в холодильній камері до температури не більше  $6^{\circ}\text{C}$ , після чого технологічний процес вважається закінченим.

Після охолодження в камері продукт вважається готовим. Термін зберігання готового продукту при температурі  $3-10^{\circ}\text{C}$  8 місяців з дня виготовлення. Нарощування клітин в умовах безперервного культивування передбачає постійний приплив живильного середовища і одночасне видалення продуктів життєдіяльності.

В результаті цього мікроорганізми набувають здатність до продуктивної незгасаючого в часі росту, що дає можливість отримати закваску і бактеріальний концентрат більш активні, а також збільшити вихід продукції з існуючого обладнання.

## **Практичне заняття 4.**

### **Тема: Машини та обладнання для виробництва цукрових кондитерських виробів**

Загальні відомості про виробництво та асортимент кондитерської продукції.

Характерні особливості кондитерських виробів обумовлені співвідношенням компонентів сировини, які встановлені рецептурами. Застосування єдиних уніфікованих рецептур дозволяє випускати на різних підприємствах однакові гатунки кондитерських виробів, полегшує планування та створення прейскурантів.

Кондитерські вироби залежно від технологічного процесу та виду сировини поділяють на дві групи – цукрові та борошняні.

Сировина та технологія виробництва цукрових кондитерських виробів: карамелі, шоколаду, цукерок

Сировиною для одержання карамелі є цукор, патока, кислоти, ароматичні речовини і барвники. Для приготування начинок використовують фруктові-ягідні напівфабрикати, жири, молочні продукти, горіхові ядра, какао-продукти, мед, яєчний білок та інше. Патока застосовується в якості антикристалізатора. Для заміни патоки можна використовувати інвертний цукор у готовому вигляді, або проводити часткову інверсію сахарози в процесі готування карамельного сиропу (рис. 4.1).

Карамель - це кондитерські вироби, що складаються в основному з карамельної маси. Вона являє собою тверду аморфну речовину. Виробляють дві групи карамелі: льодяникову і з начинкою. За зовнішнім виглядом карамель буває відкрита і в обгортках. Карамельна маса складається в основному із сахарози (60-80%), декстринів (18-20%) і різних моноцукрів у малих кількостях. При температурі вищій ніж 110°C ця маса являє собою рідину, а при 40-45°C ця маса переходить в аморфний склоподібний стан (рис. 4.2.).



Рис. 4.1. Класифікація кондитерських виробів

Структурно-механічні властивості цієї маси впливають на процеси обробки. В'язкість і пластичність карамельної маси залежить від температури, вмісту сухих речовин, рецептури, якісного складу сировини, що використовується у виробництві. При високій температурі обробки цукри піддаються хімічним змінам. Продукти, що утворюються при цьому, погіршують якість карамелі, підвищують її кольоровість і гігроскопічність.

Одержання карамельної маси пов'язане з руйнуванням кристалічних ґраток сахарози. Цей процес протікає при високій температурі.

Принципова технологічна схема виробництва карамелі включає такі операції: підготовка сировини, готування сиропу, варіння карамельної маси, обробка (оброблення) карамельної маси, формування карамелі, охолодження, загортання, розфасовування, упакування.

Шоколадні вироби складаються з шоколадної маси, яка є колоїдною системою, а дисперсним середовищем в ній є какао. Шоколадну масу для одержання натурального шоколаду готують з цукрової пудри, какао-масла і какао тертого (рис. 4.3., 4.4.).



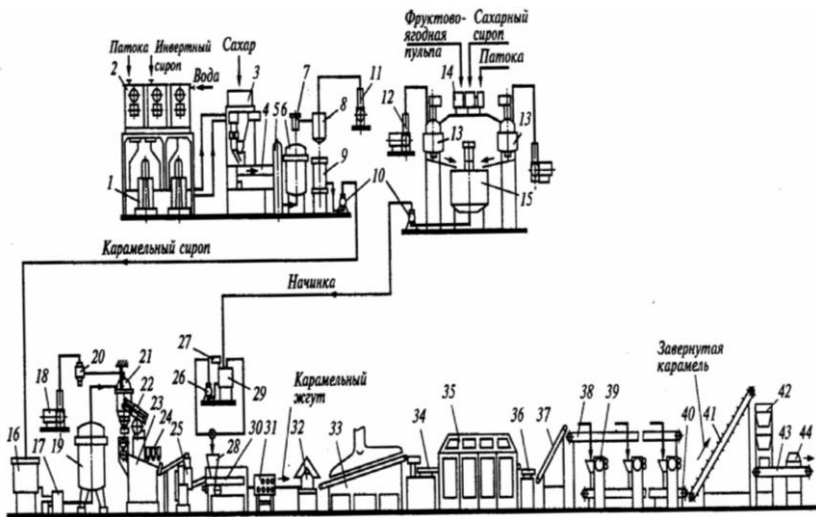


Рис. 4.2. Машинно-апаратурна схема виробництва карамелі:

насос 1, збірник для патоки 2, збірник з дозатором цукру 3, змішувач 4, плунжерний насос 5, змієвикова варочна колонка 6, розширювач 7, паровідокремлювач 8, збірник готового сиропу 9, насос 10, вентилятор 11, вологоповітряний вакуум-насос 12 і 18, начинковий вакуум-апарат 13, блок рецептурних збірників 14, прийомний збірник начинки 15, сиропний бак 16, насос-дозатор 17, вакуум-насос 18, змієвик колонки 19, сепаратор-пастка 20, вакуум-камера 21, розвантажувальний пристрій 22, охолоджувальна машина 23, дозатор барвників, кислот та есенцій 24, розтягувальна машина 25, насос 26, дозуючий пристрій 27, начинконаповнювач 28, темперуюча машина 29, карамелеобкачувальна машина 30, жгутотвигуваюча машина 31, карамелештампуюча машина 32, охолоджуючий конвеєр 33, завантажувальний 34 і відводний конвеєр 35, вібрлоток, охолоджуюча шафа 36, вібрлоток 36 проміжний конвеєр 37, розподілюючий конвеєр 38, загортувальна машина 39, збірний конвеєр 40, проміжний конвеєр 41, дозуючий пристрій 42, конвеєр 43, бандерулююча машина 44.

Цукерками називають кондитерські вироби, які отримують з однієї чи декількох цукерних мас. Залежно від способу виготовлення та оздоблення цукерки поділяють на глазуровані, неглазуровані та шоколадні (рис. 4.5). Вироби, які поступають на

глазурування після формування, прийнято називати корпусами цукерок. Загальні технологічні стадії виробництва цукерок:

- Приготування цукерної маси;
- Формування корпусів;
- Охолодження (вистояння);
- Глазурування;
- Пакування.

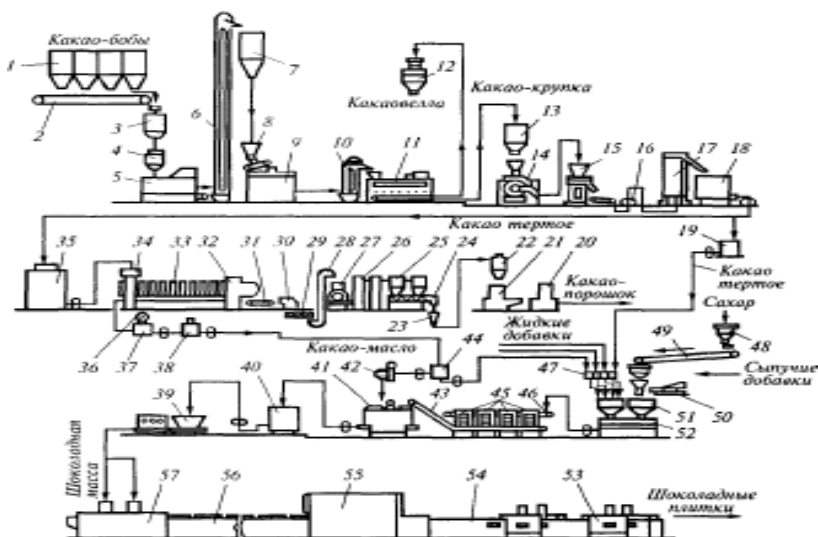


Рис. 4.3. Машинно-апаратурна схема виробництва какао-порошку та шоколаду:

бункер 1, 13, 22, 37, 44, 48; конвейєр 2,31,43,46,49; автоматичні ваги 3,36; бункер-живильник 4,8,54; очищувач-сортирувальник 5, фєроочищувач 6, промїжний бункер 7, обсмажувальний апарат 9, норїя 10, 28; очищувально- сортувальньо-дробильна машина 11, циклон 12,25; млин штифтовий 13, млин дисковий 14,27,51; млин дисковий 15, валковий млин 17,45; темперувальний збїрник 18,19,35; пакувальна машина 20, фасувальна машина 21, класифікатор 23, шнек 24,29; жмиходробарка 30, гїдровлічний прес 32, бак з дозатором 34, фільтр 38, темперувальні машини 39,40; коншмашина 41, дозатори 42, 47, 50; рецептурно-змішувальна установка 52, загортальна машина 53, конвеєр-охолоджувач 55, відливна машина 57.

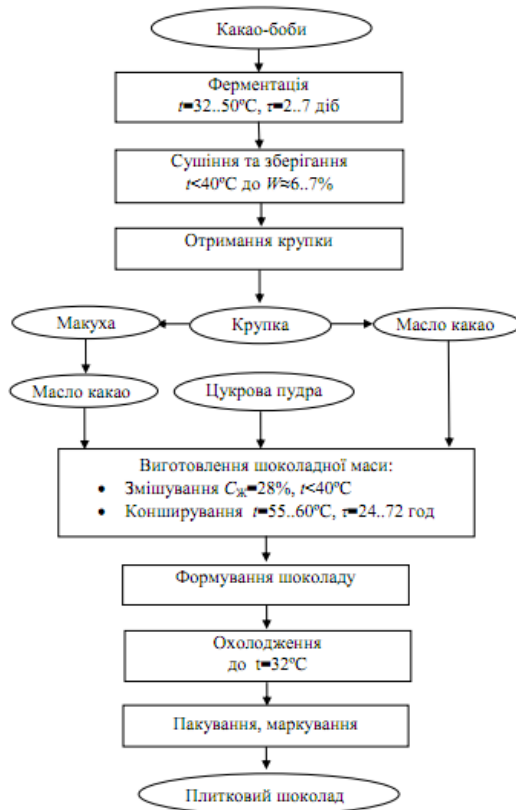


Рис. 4.4. Блок-схема отримання шоколаду

*Принципова технологічна схема халви, пастильних виробів та мармеладу.*

Халва – кондитерський виріб, що готується з обсмажених подрібнених ядер горіхів чи олійного насіння шляхом перемішування з карамельною масою, збитою з піноутворюючою речовиною, що обумовлює шаро- волокнисту структуру халви.

Залежно від виду олійного насіння чи ядер, з яких виготовляють халву, вона поділяється на соняшникову, арахісову, соєву та тахінну (кунжут).



Рис. 4.5. Класифікація цукерних мас

Процес одержання халви складається з таких стадій:

- Приготування тертих мас;
- Отримання карамельної маси;
- Приготування екстракту мильного коріння;
- Збивання карамельної маси з екстрактом мильного коріння;
- Вимішування халви;
- Фасування та пакування.

До групи мармеладно-пастильних виробів відносять мармелад (фруктовий, желейний), пастилу та зефір.

Основний процес у виробництві мармеладно-пастильних виробів – процес драглеутворення, який обумовлений властивостями пектинових та інших драглеутворюючих речовин. Драглеутворювачем для фруктово- ягідного мармеладу є пектин, що міститься у яблучному пюре, абрикосовому та сливовому пюре.

При виробництві желейного мармеладу використовують драглеутворювачі: агар, агароїд, фуцеллоран, пектин тощо (рис. 4.6).

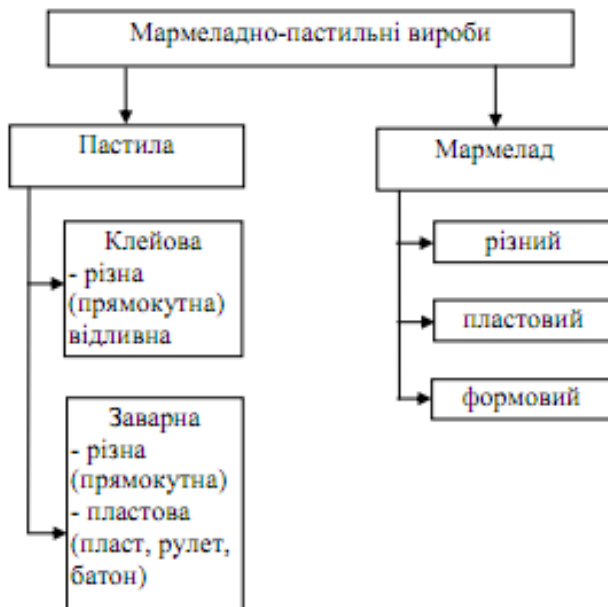


Рис. 4.6. Класифікація мармеладно-пастильних виробів

Процес одержання мармеладу складається з таких стадій: підготовка сировини, приготування рецептурної суміші, уварювання мармеладної маси, розподіл, відливання, сушіння, вистоювання та пакування. Пастилу виробляють шляхом збивання суміші фруктового пюре з цукром-піском та яєчним білком. З метою закріплення пінної структури у збиту масу додають гарячий цукрово-агаро-паточний сироп (клей) чи гарячу фруктову-ягідну мармеладну масу.

Виробництво зефіру відрізняється тим, що рецептура зефірної маси вміщує менше яблучного пюре і більше агару. Цукрово-агаро-паточний сироп уварюють до вмісту сухих речовин 84..85%, яєчного білка вносять у три рази більше, ніж у пастильну масу, масу збивають до меншої щільності.

## Практичне заняття 5.

### Тема: Машини та обладнання для виробництва борошняних кондитерських виробів

*Сировина та асортимент борошняних кондитерських виробів.*

Залежно від технологічного процесу борошняні кондитерські вироби поділяються на групи:

- Печиво (цукрове, зтяжне, здобне);
- Пряники (сирцеві, заварні);
- Галети (прості, покращені);
- Крекер (з жиром чи без нього);
- Вафлі (з жировими, праліновими, фруктовими та помадними начинками);
- Кекси, рулети (на дріжджах та хімічних розпушувачах);
- Торти, тістечка (бісквітні, пісочні, заварні, вафельні, білково-збивні, мигдально-горіхові тощо).

*Принципова технологічна схема одержання борошняних кондитерських виробів.*

Печиво – найбільш розповсюджений вид борошняних кондитерських виробів з великим вмістом цукру та жиру, низьким вмістом вологи, різноманітної форми.

Цукрове печиво виготовляють з високопластичного тіста, готові вироби відрізняються доброю пористістю, набряканням, високою крихкістю. Зтяжне печиво виробляють з пружно - пластичного тіста, а вироби характеризуються шаристістю, меншою крихкістю та набряканням. Здобне печиво виробляють з декількох видів тіста (пісочного, збивного, мигдального тощо), в рецептуру якого входить велика кількість цукру, жиру, яйце продуктів (рис. 5.1).

Пряники – борошняні кондитерські вироби різноманітної форми, що вміщують значну кількість цукристих речовин і пряностей. Розрізняють такі види пряників – заварні і сирцеві, з начинкою та без неї. Для оздоблення використовують цукровий сироп, шоколадну глазур, мак тощо.

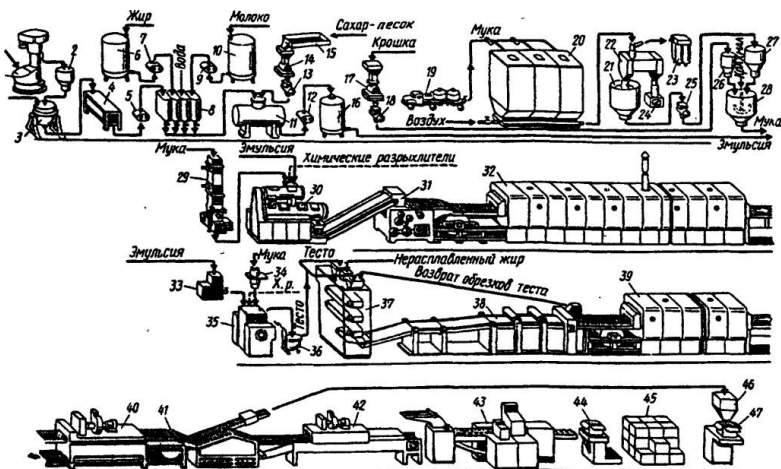


Рис. 5.1. Апаратурно-технологічна схема механізованої поточної лінії виробництва цукрового і зяжачного печива:

просіювач 1, проміжний збірник 2, котел 3, збірник 4, насос 5, цистерна з жиром 6, насоси 7,9, 12, збірник-дозатор 8, молочна цистерна 10, змішувач-емульсатор 11, дозатор 13, 25, цукрова дробарка 14, 17, сито 15, пневматичний роторний забезпечувач 18, автомуковоз 19, бункер 20, виробничий силос 21, розсіва 22, рукавні фільтри 23, збірник відходів 24, проміжний збірник 26,27, змішувач 28, дозатор 29, 33, тістомісильна машина 30, 35, ротаційна формуюча машина 31, однострічкова газова піч 32, автоборошномір 34, рухлива ємність 36, тістопрокатна машина-ламінатор 37, штампувально-ріжучий апарат 38, піч 39, охолоджувач 40, 42, стекер 41, пакувальна машина 43, коробки 44,47, штабеля 45, ваги 46.

Технологічна схема виробництва сирцевих пряників складається з таких операцій:

- Підготування сировини;
- Заміс тіста у визначеній послідовності (цукор, вода, мед, патока, інвертний сироп, меланж, есенція, хімічні розпушувачі, борошно);
- Формування виробів;
- Випікання;
- Охолодження;
- Оздоблення;

- Пакування.

У виробництві заварних пряників замісу тіста передую стадія приготування і охолодження заварки (борошно заварюється у цукрово- медовому, цукрово - паточному чи цукрово-паточно-медовому сиропі).

Вафлі – вироби, що є високопористими листками з начинкою чи без неї. Їх випускають прямокутними, круглими, фігурними і т.д. Вони можуть бути повністю чи частково покриті шоколадною глазур'ю. Технологічна схема виробництва вафель складається з таких операцій:

- Заміс тіста (концентрована емульсія – жовток чи меланж, фосфати, олія, сіль, сода);
- Випікання вафельних листів;
- Охолодження;
- Приготування начинки;
- Шарування пластів начинкою та їх охолодження;
- Нарізка пластів;
- Обгортання та пакування.

Торти та тістечка – вироби різноманітної форми і розмірів з гарним зовнішнім виглядом та високою калорійністю (рис. 5.2).

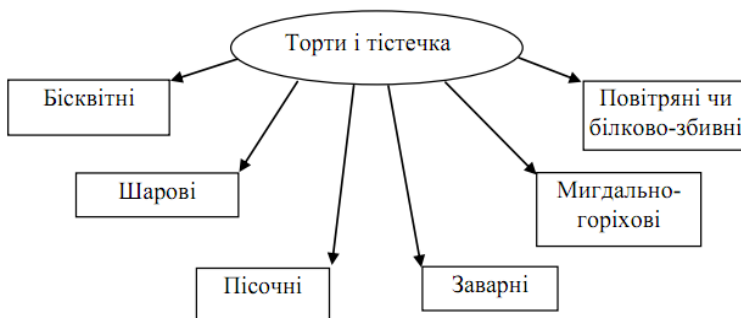


Рис. 5.2. Класифікація різновидів тортів і тістечок

Технологічний процес приготування тортів та тістечок складається з таких стадій: отримання випечених напівфабрикатів (бісквітний, пісочний, мигдально-горіховий, заварний тощо),



виготовлення напівфабрикатів для оздоблення виробів (креми, глазури, сиропи, цукати, желе, помадки тощо), оздоблення виробів.

### *Основні якісні характеристики кондитерських виробів*

Основними якісними характеристиками кондитерських виробів є органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники. Якісні характеристики кондитерських виробів повністю залежать від терміну та умов їх зберігання, тому необхідно суворо дотримуватися вимог до зберігання окремих видів цієї продукції (табл. 5.1).

*Таблиця 5.1.*

**Умови зберігання кондитерських виробів**

Назва виробу	Умови зберігання
Халва	$t < 18^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 1,5..2$ місяця, $W=70\%$
Цукерки	$t < 18^{\circ}\text{C}$ ; $W < 75\%$
Зефір, пастила, мармелад	$t < 18^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 1,5...3$ місяця, $W = 75..80\%$
Печиво - цукрове; - крекер, галети; - здобне	$t < 18^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 3$ місяця, $W = 70..75\%$ $t < 18^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 1..6$ місяця, $W = 70..75\%$ $t < 18^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 10..45$ діб., $W = 70..75\%$
Пряники	$t = 18^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 10..45$ діб.
Торти і тістечка	$t = 0..6^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 6..72$ год.

### **Рекомендована література**

1. Мельничук М. Д., Кляченко О. Л. Біотехнологія в агросфері : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ, 2014. 247 с.
2. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування : навч. посібник / І. Ф. Малежик та ін.; за ред. І. Ф. Малежика. К. : НУХТ, 2012. 543 с.
3. Горупа В. В. Конструкція обладнання біотехнологічних виробництв : практикум для студентів. Київ : НАУ, 2017. 64 с.
4. Коваленко І. В., Малиновський В. В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв : підручник. К. : Інрес: Воля, 2006. 264 с.
5. Біотехнологія / Мельничук М. Д., Кляченко О. Л., Коломієць Ю. В., Антіпов И. А. К., ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2013. 350 с.
6. Лихач А. В. Промислова біотехнологія. Методичні рекомендації : посібник. Миколаїв: МНАУ, 2016. 116 с.
7. Глибін В. І. Процеси і апарати біотехнологічних виробництв. Курсове проектування : посібник. К.: НАУ, 2018. 84 с.

### **Інформаційні ресурси**

1. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Електронний ресурс розміщення в цифровому репозиторії. URL: <http://www.ep3.nuwm.edu.ua/>
3. Законодавство України. URL: <http://www.rada.kiev.ua/>
4. Кабінет Міністрів України. URL: <http://www.kmu.gov.ua/>
5. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75). URL: <http://www.nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka> ([http://www.nuwm.edu.ua/MySQL/page\\_lib.php](http://www.nuwm.edu.ua/MySQL/page_lib.php))
6. Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>